

**Localisation :**  
**ENSAM, Campus d'Angers**  
**2 boulevard du Ronceray**  
**49100 Angers**

Unité d'affectation : **LAMPA**

**Informations complémentaires :**

Stage disponible à partir de :  
**01/03/2026**

Durée : **6 mois**

Quotité de travail : **Temps plein**  
**35h/semaine**

Télétravail : **Non**

**Nos recrutements sont fondés sur les compétences, sans distinction d'origine, d'âge, ou de genre et tous nos postes sont ouverts aux personnes en situation de handicap.**

**Candidature :**

CV et lettre de motivation à envoyer par mail à :

MOUSSALLEM Rita  
[rita.moussalem@ensam.eu](mailto:rita.moussalem@ensam.eu)

Date de publication : 05/02/2026

Référence PASS Fonction publique : S-2026-201379

## **Stagiaire F/H : Thermographie infrarouge appliquée à la compréhension du comportement thermomécanique des matériaux**

### **Qui sommes-nous ?**

Grande école d'ingénieurs, l'Ecole nationale supérieure d'[Arts et Métiers](#)  est un établissement public scientifique, culturel et professionnel (EPSCP) sous tutelle unique du ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche. Il est composé de neuf campus et de trois instituts. Ses missions sont celles d'un établissement public d'enseignement supérieur : formation initiale et continue, recherche et valorisation.

### **Environnement du poste**

Vous travaillerez au sein du Laboratoire Angevin de Mécanique, Procédés et innovAtion, LAMPA ([lampa.artsetmetiers.fr](http://lampa.artsetmetiers.fr)) qui est un laboratoire de recherche reconnu pour son excellence scientifique et son engagement envers l'industrie du futur. Notre mission : repousser les frontières de la connaissance en mécanique, en procédés avancés de fabrication, en durabilité des matériaux et en innovation technologique.

### **Compétences à développer / Objectif**

La majorité des pièces mécaniques sont soumises à la fois à des sollicitations mécaniques et thermiques comme les aubes de turbines exposées à des températures élevées et à des forces d'inertie importantes, ou encore les pièces forgées qui s'échauffent au cours de leur déformation. La modélisation de tels phénomènes nécessite la résolution d'un problème thermique, afin de déterminer le champ de température, ainsi que d'un problème mécanique pour évaluer les contraintes et les déformations dans la pièce. Dans de nombreuses applications, ces deux phénomènes sont couplés : une sollicitation thermique peut engendrer des contraintes ou des déformations mécaniques, tandis qu'une sollicitation mécanique peut produire un échauffement. Dans ces cas, on parle de problèmes thermomécaniques couplés, car les comportements thermique et mécanique interagissent et influencent mutuellement leur évolution [1].

Dans ce contexte, plusieurs dispositifs mécaniques ont été développés pour étudier le comportement des matériaux soumis à des sollicitations thermomécaniques, afin de caractériser les mécanismes qui régissent la réponse des matériaux métalliques. La machine GLEEBLE 3500 (**Figure 1**), disponible au laboratoire LAMPA, est un simulateur physique permettant de réaliser des cycles thermomécaniques rapides et complexes, avec des vitesses de chauffe très importantes générées par effet Joule [2]. Cette machine servo-hydraulique est capable d'exercer des efforts jusqu'à 100 kN pour des vitesses de déplacements pouvant atteindre  $1 \text{ m.s}^{-1}$ . En outre, elle offre une bonne flexibilité dans le choix des sollicitations imposées ainsi que le type d'éprouvette employée [3].

Le chauffage par effet Joule permet d'atteindre des vitesses de chauffe très élevées, de l'ordre de plusieurs milliers de  $\text{C}^\circ/\text{s}$ , mais la température n'est pas nécessairement homogène au sein de l'éprouvette, notamment quand sa géométrie



est complexe. Cette hétérogénéité thermique peut alors fausser l'interprétation des résultats. L'enjeu principal de ce stage de recherche est, dans un premier temps, de vérifier l'homogénéité du champ de température en fonction de la géométrie de l'éprouvette et de la vitesse de chauffe imposée. Bien que la machine soit déjà instrumentée par un thermocouple de type K, l'observation sera faite par une caméra infrarouge afin d'obtenir une carte thermique complète, contrairement au thermocouple qui ne fournit qu'une mesure ponctuelle. Dans le but de garantir la fiabilité de ces mesures, une campagne d'étalonnage et de calibration de la caméra devra être réalisée selon les plages de température d'intérêt. Les cartes thermiques ainsi obtenues permettront de quantifier les gradients de température susceptibles d'influencer le comportement mécanique de l'échantillon. Le second objectif est d'observer et de caractériser le phénomène d'auto-échauffement généré par les sollicitations mécaniques, en configuration quasi-statique comme en configuration dynamique. L'énergie plastique dissipée sous forme de chaleur est quantifiée à l'aide du coefficient de Taylor-Quinney [4] [5]. La détermination exacte de ce paramètre est indispensable pour une modélisation fiable du comportement thermomécanique, or sa valeur n'est pas bien connue en fonction de la cinétique de déformation. Des essais de compression seront alors mis en œuvre pour estimer ce coefficient pour différentes vitesses de déformation plastique.



Figure 1: Machine GLEEBLE 3500

## Références bibliographiques :

- [1] N. Ranc, « Couplage thermomécanique », *Phys. Chim.*, juill. 2003, doi: 10.51257/a-v1-af5042.
- [2] A. Hor, « Simulation physique des conditions thermomécaniques de forgeage et d'usinage : caractérisation et modélisation de la rhéologie et de l'endommagement ».
- [3] M. Harzallah, « Caractérisation in-situ et modélisation des mécanismes et couplages thermomécaniques en usinage: application à l'alliage de titane Ti-6Al-4V ».
- [4] G. I. Taylor et H. Quinney, « The latent energy remaining in a metal after cold working », *Proc. R. Soc. Lond. Ser. A*, vol. 143, p. 307:326, 1934.
- [5] D. Rittel, L. H. Zhang, et S. Osovski, « The dependence of the Taylor-Quinney coefficient on the dynamic loading mode », *J. Mech. Phys. Solids*, vol. 107, p. 96-114, oct. 2017, doi: 10.1016/j.jmps.2017.06.016.

## Mots clés :

Thermographie infrarouge, Calibration, Auto-échauffement, Couplage thermomécanique, Traitement de données



## Activités

**A ce titre, le ou la stagiaire effectuera les activités suivantes :**

- **État de l'art :** Établir une revue bibliographique sur la thermomécanique des matériaux métalliques, les simulateurs thermomécaniques existants ainsi que les paramètres décrivant leurs lois de comportement.
- **Étalonnage et calibration de la caméra infrarouge :** Étalonner la caméra et déterminer les paramètres de calibration à l'aide d'un corps noir réglable à différents niveaux de température et d'un objectif de grossissement. Cette étape comprend également le réglage des paramètres de la caméra (notamment le temps d'intégration) en fonction des plages de température observées et des vitesses de déformation adoptées.
- **Mesure de l'émissivité radiative du métal étudié :** Concevoir et mettre en œuvre un protocole expérimental permettant de déterminer l'évolution de l'émissivité du matériel métallique en fonction de la température. Dans l'idéal, cette étude sera conduite sur un alliage de titane.
- **Traitements des données :** Mettre en place une méthode de calcul permettant de convertir les données numériques (digital levels) fournis par la caméra en valeurs de température exploitables.
- **Campagne expérimentale :** Réaliser les essais expérimentaux pour différentes vitesses de chauffage pour évaluer l'homogénéité des champs de température, puis pour différentes vitesses de déformation plastique pour identifier le coefficient de Taylor-Quinney et d'analyser son évolution en fonction de cette dernière.

## Pré-requis

Ce stage est fait pour vous si :

- Vous avez des connaissances en transfert thermique radiatif.
- Vous avez des bases en instrumentation et/ou essais expérimentaux.
- Vous avez des connaissances en traitement des données.
- Vous avez des notions en méthodes numériques (Idéalement Matlab ou Python).
- Vous êtes rigoureux, autonome et motivé pour la découverte du monde de la recherche académique.

## Informations complémentaires

Déplacements : Non

Types d'expériences requises : Aucune

Langues parlées souhaitées : Anglais et Français

Niveau d'études : Master 2 ou équivalent

Stage gratifié

## Vos données personnelles

*L'ENSAM traite vos données personnelles en conformité avec le RGPD et la loi informatique et libertés. Ce traitement s'effectue aux fins de gestion de votre candidature et d'évaluation de vos compétences au regard du poste/du stage pour lequel vous candidatez.*

*Pour tout exercice de droits sur vos données personnelles, vous pouvez contacter le délégué à la protection des données de l'ENSAM à l'adresse [dpo@ensam.eu](mailto:dpo@ensam.eu).*

*Pour connaitre de manière exhaustive les données collectées par l'ENSAM et les modalités de traitement de vos données, vous pouvez consulter la politique de protection des données personnelles de l'ENSAM y afférente **ICI**.*